4Д

УДК 004.891.3

В.И. Дубровин, Т.А. Щедрина
Запорожский национальный технический университет, г. Запорожье, Украина
charita@list.ru

Автоматизированная система анализа электрокардиограмм на основе вейвлет-технологий

В данной работе был проведен анализ сигнала электрокардиограммы при помощи методов вейвлет-преобразования с целью выявления диагностических признаков и локальных особенностей сигнала.

Введение

На сегодняшний день одним из самых распространенных методов диагностики сердечно-сосудистых заболеваний является электрокардиография.

Электрокардиограмма (ЭКГ) характеризуется набором зубцов, по временным и амплитудным параметрам которых ставится диагноз. Увеличение амплитуды зубцов ЭКГ говорит о гипертрофии соответствующих отделов сердца, которая наблюдается при некоторых заболеваниях сердца и при гипертонической болезни [1]. По ЭКГ также можно оценить источник (так называемый водитель) ритма, регулярность сердечных сокращений, их частоту – это имеет большое значение для диагностики различных аритмий. По продолжительности различных интервалов и зубцов ЭКГ можно судить об изменениях сердечной проводимости. Изменения конечной части желудочкового комплекса (интервал ST и зубец T) позволяют врачу определить наличие или отсутствие ишемических изменений в сердце (нарушение кровоснабжения).

Выявление и оценка ключевых диагностических признаков электрокардиосигнала обеспечивает обнаружение нестабильности миокарда и диагностики угрожающих жизни нарушений ритма [2].

1 Постановка задачи

Целью работы является создание программного обеспечения, позволяющего облегчить работу врача-функционалиста при постановке диагноза, а именно – при обработке электрокардиосигнала обнаружить и наглядно представить его ключевые диагностические признаки и выявить локальные особенности для определения наиболее вероятной патологии в работе сердца.

Сигналы ЭКГ нестационарны и имеют сложные частотно-временные характеристики. Как правило, такие сигналы состоят из близких по времени, короткоживущих высокочастотных компонент и долговременных, близких по частоте низкочастотных компонент.

Для анализа таких сигналов необходим метод, способный обеспечить хорошее разрешение и по частоте (для локализации низкочастотных составляющих), и по времени (для разрешения компонент высокой частоты).

Существует два подхода к анализу нестационарных сигналов такого типа.

Первый – локальное преобразование Фурье (short-time Fourier transform). Используя данный подход, мы работаем с нестационарным сигналом, как со стационарным, предварительно разбив его на сегменты («окна»), статистика которых не меняется со временем.

Второй подход – вейвлет-преобразование, которое представляет собой разложение нестационарного сигнала по набору базисных функций, определенных на интервале более коротком, чем продолжительность кардиосигнала. При этом все функции набора порождаются с помощью двухпараметрического преобразования (сдвига по оси времени и изменения масштаба) одной исходной функции (материнского вейвлета).

Операция умножения на «окно» есть в самой базисной функции, при этом происходит адаптация «окна» к сигналу при изменении масштаба.

Наиболее перспективным представляется использование вейвлет-преобразования при анализе острых состояний, когда ведется поиск резких изменений структуры сердечного ритма, а также для обнаружения непериодичных локальных низкоамплитудных особенностей сигнала ЭКГ [3] .

2 Структура системы анализа ЭКГ на основе вейвлет-технологий

Система (рис. 1) состоит из 4 основных блоков, каждый из которых реализован в соответствующей функции:

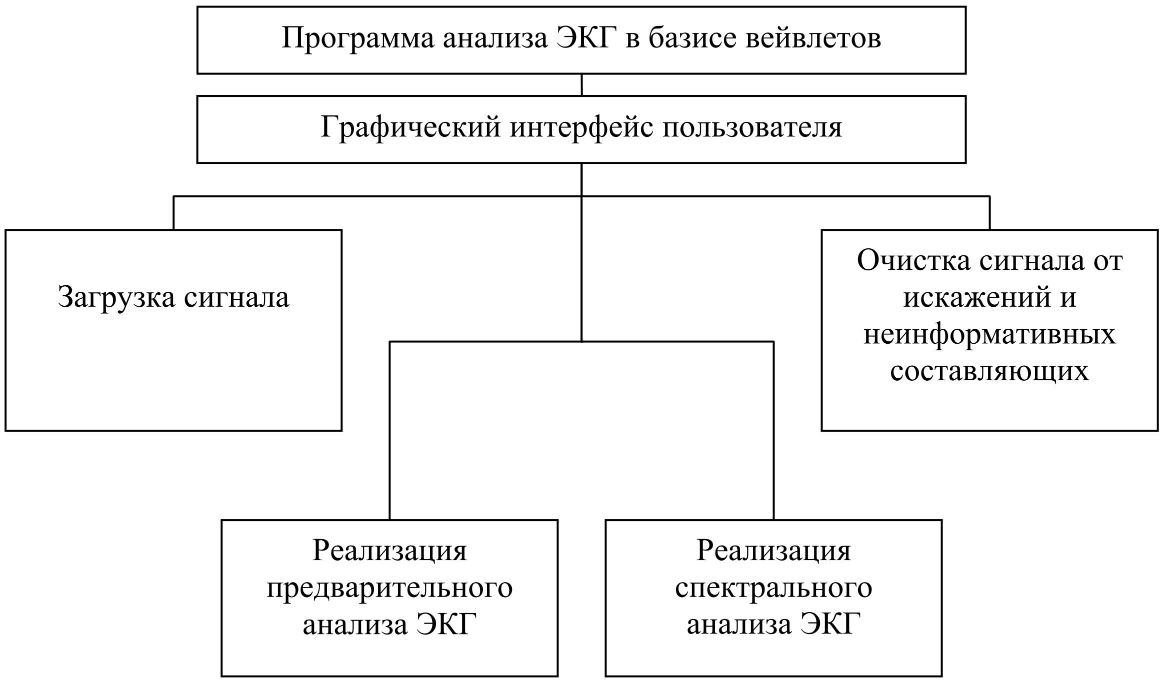


Рисунок 1 – Структура разработанной системы

– блок «Загрузка сигнала» осуществляет загрузку mat-файла с данными сигнала ЭКГ;

– блок «Очистка сигнала от искажений и неинформативных составляющих» позволяет из исходного сигнала удалить искажения, вызванные случайными помехами при регистрации ЭКГ;

– блок «Реализация предварительного анализа ЭКГ» выполняет кратномасштабный анализ (КМА) очищенного на предварительном этапе сигнала, а затем пользователю предоставляется возможность провести сравнение полученных результатов с набором исходных показателей. Набор исходных показателей был получен в ходе исследования данных вейвлет-разложения для группы здоровых лиц и для группы лиц с инфарктом миокарда. Результатом работы этого блока является графическое представление результатов КМА кардиосигнала данного пациента и набора исходных показателей на одной плоскости;

– блок «Реализация спектрального анализа ЭКГ» выполняет процедуру непрерывного вейвлет-преобразования сигнала при помощи вейвлетов Добеши-4 и Морле на заданных пользователем масштабах. Результатом работы этого блока является графическое представление результатов в виде спектрограммы.

3 Экспериментальные результаты

Был исследован сигнал ЭКГ в III отведении с частотой дискретизации 1000 Гц. Базовыми вейвлетами при обработке ЭКГ-сигналов были выбраны вейвлет Добеши-4 (центральная частота – 0,7143 Гц) и вейвлет Морле (центральная частота – 0,8125Гц).

В работе представлены результаты обработки сигнала ЭКГ пациента с инфарктом миокарда. Исходный загруженный и очищенный от искажений сигнал имеет ярко выраженные отрицательные R-пики, что свойственно инфаркту миокарда.

На этапе предварительного анализа ЭКГ выполняется кратномасштабный анализ заданного сигнала и производится отображение полученных данных на одной плоскости с параметрами двух исследованных ранее групп пациентов для дальнейшего визуального анализа (рис. 2).

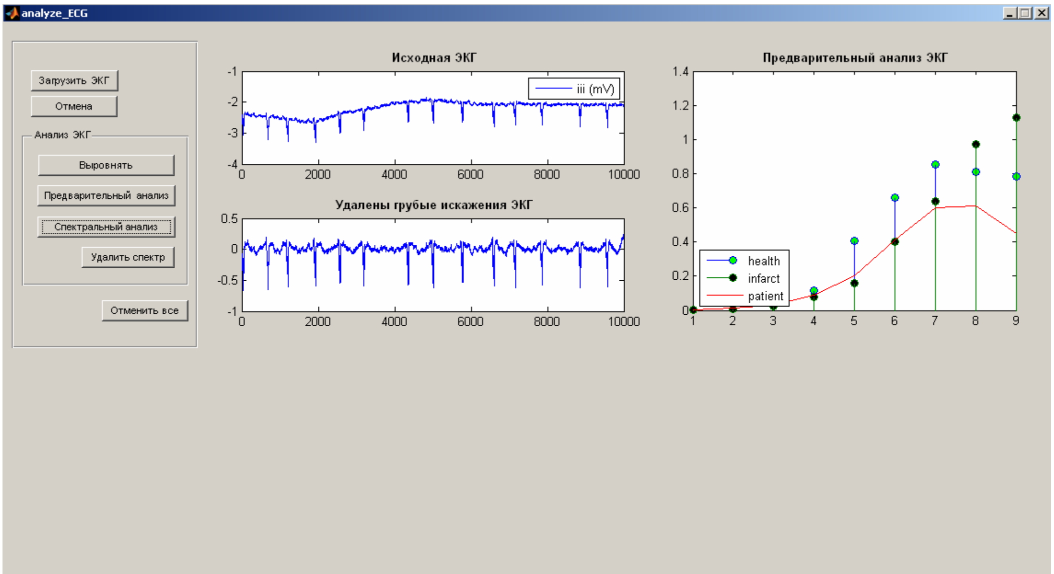


Рисунок 2 – Результат выполнения предварительного анализа ЭКГ

На рис. 2 достаточно точно отображается схожесть показателей вариабельности ЭКГ с показателями исследованных ранее групп пациентов, в частности (не зная диагноза) можно предположить, что у данного пациента имеются серьезные нарушения сердечной деятельности. Результаты предварительного анализа не являются материалом для диагностики, а являются как бы «подсказкой» и указывают врачу на общее

состояние сердечно-сосудистой системы человека в целом, а также указывают, на какие составляющие спектра необходимо обратить внимание.

При реализации спектрального анализа ЭКГ выполняется процедура непрерывного вейвлет-преобразования сигнала при помощи вейвлета Добеши-4 и вейвлета Морле на заданных пользователем диапазонах частот. Результатом выполнения является изображение (рис. 3), иллюстрирующее частотно-временные характеристики сигнала. По оси абсцисс откладывается время, по оси ординат – частота, а абсолютное значение вейвлет-преобразования для конкретной пары время-частота определяет цвет, которым данный результат будет отображен (чем в большей степени та или иная частота присутствует в сигнале в конкретный момент времени, тем светлее будет оттенок) [4], [5].

На спектрограмме можно выявить локальные особенности сигнала, соответствующие определенным патологиям сердечной деятельности. На малых масштабах вейвлетов (при широком диапазоне частот от 1 до 300 Гц) достаточно хорошо проявляется комплекс QRS (последовательность зубцов на кардиограмме, отображающая фазу сокращения желудочков) и его динамика во времени.

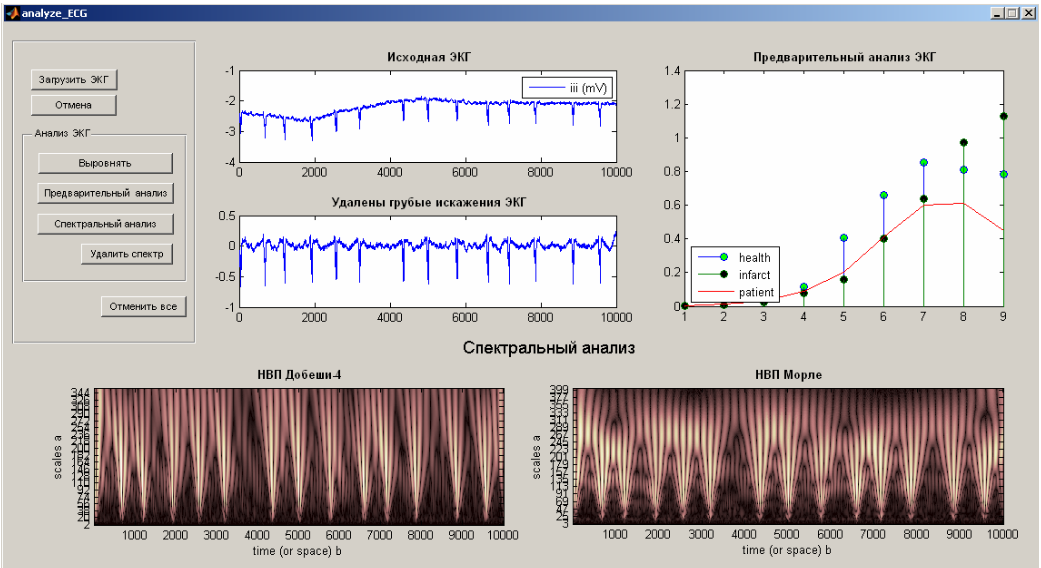


Рисунок 3 – Результат выполнения спектрального анализа ЭКГ

В диапазоне менее 3 Гц (при больших масштабах вейвлета) непрерывное вейвлет-преобразование (НВП) на основе вейвлета Морле не отражает особенности спектра сигнала, в отличие от НВП на основе вейвлета Добеши-4. Следовательно, для обработки ЭКГ-сигналов предпочтительнее использовать вейвлет Добеши-4, что позволит, не прибегая к пульсометрии, либо к дополнительной обработке ЭКГ, исследовать низкоамплитудные составляющие сигнала (рис. 4).

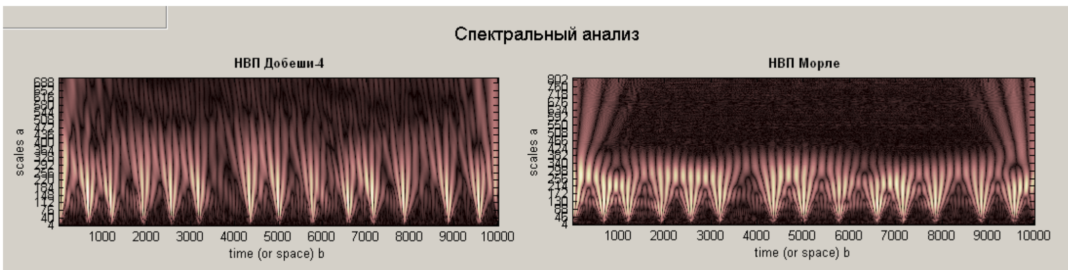


Рисунок 4 – Результат спектрального анализа ЭКГ при больших масштабах вейвлетов

Разработанный программный продукт обладает возможностью наращивания функциональности. Для более полного, всестороннего анализа ЭКГ и точной постановки диагноза данный программный продукт возможно дополнить блоками фильтрации и сжатия исходного сигнала, статистического, геометрического анализа кардиограмм, методом корреляционной ритмографии. Также важным направлением развития данного программного обеспечения является выявление и определение количественных параметров, подтверждающих заключение врача, сделанное на основе визуальной интерпретации.

На данном этапе разработанный программный продукт может быть использован в качестве дополнения и расширения уже имеющихся программно-аппаратных комплексов для анализа ЭКГ и диагностики сердечно-сосудистых заболеваний.

Выводы

Результатом проделанной работы является написанный на языке программирования пакета MATLAB 7.3.0 программный продукт, который реализует предварительный анализ ЭКГ и ее спектральный анализ. Полученные результаты позволяют обнаружить непериодичные локальные низкоамплитудные особенности сигнала ЭКГ, а также предоставляют возможности для исследования кардиограммы в диапазонах свыше 100 Гц и менее 3 Гц с целью поиска новых диагностических признаков.

Литература

1. Гиляров М.Ю. Электрокардиография (ЭКГ) [Электронный ресурс] / Гиляров М.Ю. – Режим доступа : http://www.med2000.ru/article/article104.htm.
2. Rusmedserver.ru. Патофизиология заболеваний сердечно-сосудистой системы [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http: // www.rusmedserver.ru/ patofiziologia/.
3. Ламброу Т. Применение вейвлет-преобразования к обработке медицинских сигналов и изображений / Т. Ламброу, А. Линней, Р. Спеллер // Компьютерра. – 1998. – № 8.
4. Дьяконов В.П. Вейвлеты. От теории к практике / Дьяконов В.П. – М. : СОЛОН-Р, 2002. – 448 с.
5. Астафьева Н. Вейвлет анализ: основы теории и примеры применения / Н. Астафьева // Успехи физических наук. – 1996. – Т. 166, № 11. – С. 1145-1170.
6. Дремин И. Вейвлеты и их использование / И. Дремин, О. Иванов, В. Нечитайло // Успехи физических наук. – 2001. – Т. 171, № 5. – С. 465-561.
7. Яковлев А.Н. Введение в вейвлет-преобразование : [учеб. пособие] / Яковлев А.Н. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2003. – 104 с.

В.І. Дубровін, Т.О. Щедрина

Автоматизована система аналізу електрокардіограм на основі вейвлет-технологій

У даній роботі був проведений аналіз сигналу електрокардіограми за допомогою методів вейвлет-перетворення з метою виявлення діагностичних ознак і локальних особливостей сигналу.

V.I. Dubrovin, T.A. Shchedrina

Automated Analysis System of Electrocardiogram Based on the Wavelet Technology

In this paper of the ECG signal was analyzed using wavelet transform techniques to identify diagnostic features and local features of the signal.

Статья поступила в редакцию 02.07.2010.